

⑬ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 595 156 ✓

⑫ N° d'enregistrement national :

86 02855

⑮ Int Cl^a : G 09 F 9/35.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑲ Date de dépôt : 28 février 1986.

⑳ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOP1 « Brevets » n° 36 du 4 septembre 1987.

⑥① Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATO-
MIQUE, Etablissement de Caractère Scientifique, Tech-
nique et Industrielle. — FR.

⑦② Inventeur(s) : Jean-Frédéric Clerc, Jean-Claude Deutsch,
Pierre Vaudaine et Sylvie Violet-Bosson.

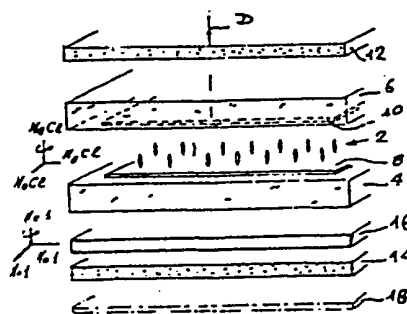
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Brevatome.

⑤④ Cellule à cristal liquide utilisant l'effet de biréfringence contrôlée électriquement et procédés de fabrication de la
cellule et d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, utilisable dans celle-ci.

⑤⑦ Cellule à cristal liquide utilisant l'effet de biréfringence
contrôlée électriquement et procédés de fabrication de la
cellule et d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative,
utilisable dans celle-ci.

La cellule peut comprendre deux polariseurs rectilignes croi-
sés 12, 14, deux plaques de verre 4, 6 munies d'électrodes
transparentes et placées entre ces polariseurs, une couche 2
du cristal liquide entre les plaques et, entre une plaque et un
polariseur, une couche 16 d'un polymère thermoplastique
uniaxe négatif ayant son axe extraordinaire perpendiculaire aux
plaques. Cette couche peut être obtenue par chauffage du
polymère jusqu'à l'état isotrope, sous pression uniforme sur les
polariseurs, refroidissement et suppression de la pression. Ap-
plication à la réalisation de dispositifs d'affichage de données.



FR 2 595 156 - A1

CELLULE A CRISTAL LIQUIDE UTILISANT L'EFFET DE BIREFRINGENCE
CONTROLEE ELECTRIQUEMENT ET PROCEDES DE FABRICATION DE LA CELLULE
ET D'UN MILIEU UNIAXE D'ANISOTROPIE OPTIQUE NEGATIVE, UTILISABLE
DANS CELLE-CI

5 La présente invention concerne une cellule à cristal
liquide utilisant l'effet de biréfringence contrôlée
électriquement et des procédés de fabrication de la cellule et
d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, utilisable
dans celle-ci. Elle s'applique notamment à la réalisation de
10 dispositifs d'affichage de données tels que des écrans matriciels
et en particulier à la réalisation d'écrans complexes destinés à
l'affichage en couleur.

On connaît déjà des cellules à cristal liquide
utilisant l'effet de biréfringence contrôlée électriquement. Cet
15 effet a déjà permis de réaliser des écrans matriciels à cristaux
liquides et a déjà fait l'objet de publications telles que
l'article de J.ROBERT intitulé "T.V. image with L.C.D.", publié
dans la revue IEEE Transactions on Electron Devices, vol.Ed 26,
n°8, Août 1979, et l'article de J.F. Clerc intitulé "Electro-
20 optical limits of the E.C.B. effect in nematic liquid crystals",
publié dans la revue Display's, octobre 1981.

Une cellule à cristal liquide utilisant l'effet de
biréfringence contrôlée électriquement comprend par exemple,
selon l'état de la technique, une couche de cristal liquide
25 nématique comprise entre deux plaques de verre munies
d'électrodes transparentes. Deux moyens de polarisation, par
exemple deux polariseurs rectilignes croisés, sont respectivement
disposés de part et d'autre de l'ensemble ainsi obtenu.
Lorsqu'aucune tension électrique n'est appliquée entre les
30 électrodes, les molécules de la couche de cristal liquide sont
sensiblement parallèles à une direction appelée "direction
d'homéotropie" et perpendiculaire aux plaques de verre, et une
lumière incidente ne peut traverser la cellule. Lorsqu'une
tension électrique appropriée est appliquée entre les électrodes,

les molécules de la couche de cristal liquide s'orientent sensiblement suivant une direction faisant avec la direction d'homéotropie un angle qui est fonction de la tension appliquée ou tension d'excitation. Une lumière incidente peut alors
5 traverser au moins en partie la cellule. Il est donc possible de commander électriquement l'intensité lumineuse transmise à travers cette cellule, cette intensité étant fonction de ladite tension.

Les cellules à cristal liquide utilisant l'effet de
10 biréfringence contrôlée électriquement présentent l'inconvénient suivant : le contraste de ces cellules, observées obliquement, se dégrade, et ce d'autant plus que l'angle d'observation est important, ce contraste pouvant même s'inverser pour certains angles d'observation.

15 Dans la demande de brevet français n°8407767 du 18 mai 1984, est proposée une cellule à cristal liquide utilisant l'effet de biréfringence contrôlée électriquement et visant à remédier à cet inconvénient.

Cependant, la cellule proposée présente elle-même des
20 inconvénients : elle nécessite une épaisseur déterminée de la couche de cristal liquide, permet une compensation efficace de la biréfringence de cette couche seulement dans deux plans d'incidence de la lumière et au voisinage de ces plans, et présente des défauts de chromaticité, l'extinction étant moins
25 bonne pour certaines longueurs d'onde lumineuse que pour d'autres.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents.

Elle a pour objet une cellule à cristal liquide
30 utilisant l'effet de biréfringence contrôlée électriquement et comprenant :

- un ensemble dont l'un des côtés est destiné à être exposé à une lumière incidente et qui comporte une couche de cristal liquide nématique d'anisotropie optique positive et au moins deux
35 électrodes qui sont situées de part et d'autre de la couche et

dont au moins celle qui est située dudit côté est transparente,
et, au moins dudit côté,

- un moyen de polarisation de la lumière incidente,

Les molécules de la couche de cristal liquide étant sensiblement
orientées suivant une direction d'homéotropie, en l'absence de
5 tension électrique entre les électrodes,
la cellule étant caractérisée en ce qu'elle comprend en outre au
moins une couche d'un milieu de compensation de la biréfringence,
ayant trois indices optiques principaux dont l'un est plus faible
10 que les deux autres, l'axe correspondant à cet indice étant
parallèle à la direction d'homéotropie.

L'utilisation de cette couche d'un milieu de
compensation de la biréfringence (de la couche de cristal liquide
nématique dans sa structure homéotrope, pour une observation
15 oblique de la cellule) permet de conserver un contraste élevé
lors d'observations de la cellule sous des angles importants
pouvant aller jusqu'à 70 degrés. De plus la cellule objet de
l'invention ne présente pas les défauts de chromaticité
mentionnés plus haut, permet une compensation efficace de la
20 biréfringence dans tout plan d'incidence de la lumière et peut
être réalisée avec toute épaisseur de cristal liquide, y compris
des épaisseurs très importantes qui sont requises pour la
fabrication d'écrans complexes (l'épaisseur de la couche de
milieu de compensation étant bien entendu ajustée, en vue d'une
25 compensation optimale, en fonction de l'épaisseur de la couche de
cristal liquide).

En outre, la cellule objet de l'invention est
avantageusement compatible avec tout moyen de polarisation
(rectiligne, circulaire ou elliptique).

30 La présente invention permet ainsi de réaliser des
dispositifs d'affichage qui comportent une forte épaisseur de
cristal liquide et peuvent donc avoir un taux de multiplexage
élevé, et qui sont achromatiques, préservant ainsi la pureté des
couleurs affichées et la stabilité de ces couleurs sous
35 observation oblique.

Dans une réalisation particulière de la cellule objet de l'invention, les deux électrodes sont transparentes, la cellule comprend deux moyens de polarisation complémentaires l'un de l'autre, situés de part et d'autre dudit ensemble et chaque
5 couche de milieu de compensation est comprise entre l'un des moyens de polarisation et ledit ensemble.

Par "moyens de polarisation complémentaires l'un de l'autre" on entend par exemple deux polariseurs rectilignes croisés, ou deux polariseurs circulaires ou elliptiques
10 complémentaires l'un de l'autre vis-à-vis d'une onde lumineuse plane incidente se propageant suivant la direction d'homéotropie, ou plus brièvement, respectivement gauche et droit vis-à-vis de cette onde.

Dans un mode de réalisation particulier, les deux
15 moyens de polarisation sont des polariseurs rectilignes croisés et le milieu de compensation est un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, ayant un axe de symétrie parallèle à la direction d'homéotropie et un axe extraordinaire parallèle à cet axe de symétrie.

Dans un autre mode de réalisation particulier, les deux
20 moyens de polarisation sont des polariseurs circulaires complémentaires l'un de l'autre et le milieu de compensation est un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, ayant un axe de symétrie parallèle à la direction d'homéotropie et un axe
25 extraordinaire parallèle à cet axe de symétrie.

Dans ces deux modes de réalisation particuliers, le milieu de compensation peut être fait à partir d'un matériau polymère.

De préférence, ce polymère est thermo-plastique. Un tel
30 polymère permet en effet de réaliser, de façon assez simple comme on le verra par la suite, une couche qui permet non seulement de compenser la biréfringence mais encore de coller l'un à l'autre deux composants de la cellule entre lesquels elle se trouve.

Précisément, dans le cas où la cellule objet de
35 l'invention est destinée à l'affichage en couleur et comprend à

cet effet un substrat muni d'au moins un filtre coloré, ce substrat peut être avantageusement maintenu en place par la couche de ce polymère thermo-plastique.

Selon un autre mode de réalisation particulier, les
5 deux moyens de polarisation sont des polariseurs rectilignes croisés et le milieu de compensation est un milieu biaxe dont l'axe de plus faible indice est parallèle à la direction d'homéotropie.

De préférence, le produit de l'épaisseur de chaque
10 couche de ce milieu par la valeur absolue de la différence entre les deux autres indices principaux de ce milieu est de l'ordre de 0,125 micromètre, ce qui permet à cette couche de constituer dans le domaine visible une lame à retard quasi quart d'onde.

Dans une réalisation particulière de l'invention,
15 correspondant à une cellule selon l'invention dont les électrodes sont transparentes, ladite cellule comprend en outre une couche optiquement réfléchissante placée à une extrémité de la cellule, du côté opposé à celui qui est destiné à être exposé à une lumière incidente.

La présente invention a également pour objet un procédé
20 de fabrication d'une couche d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, ayant un axe de symétrie perpendiculaire à ladite couche et un axe extraordinaire parallèle à cet axe de symétrie, procédé caractérisé en ce qu'il comprend les étapes
25 successives suivantes :

- on soumet chaque côté d'une couche (simple ou multiple) d'un matériau polymère thermoplastique, maintenue plane, à une pression uniforme,
- on effectue un chauffage de la couche maintenue dans cet état
30 de pression jusqu'à ce qu'elle passe de sa phase vitreuse à sa phase isotrope,
- on cesse le chauffage et
- l'on supprime la pression.

Un tel procédé permet d'obtenir assez simplement ladite
35 couche d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, qui est

utilisable dans certaines réalisations de la cellule objet de l'invention.

Cette couche de milieu uniaxe peut être maintenue plane au moyen de deux substrats plans, transparents et rigides entre
5 lesquels elle est placée.

Enfin, la présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une cellule à cristal liquide utilisant l'effet de biréfringence contrôlée électriquement et comprenant :

- deux substrats plans et transparents qui présentent entre eux
10 un intervalle, sont fixés l'un à l'autre, et sont munis d'électrodes,
- au moins un moyen de polarisation, les deux substrats étant placés d'un côté de celui-ci, et éventuellement
- un substrat muni d'au moins un filtre coloré,
- 15 procédé caractérisé en ce que l'on maintient en place au moins l'un des éléments pris dans le groupe comprenant chaque moyen de polarisation et le substrat muni d'au moins un filtre coloré
- en disposant, entre cet élément et un composant adjacent de la cellule, au moins une couche d'un matériau polymère
20 thermoplastique, puis
- en soumettant les deux côtés de l'assemblage des composants de la cellule à une pression uniforme, puis
- en effectuant un chauffage de cet assemblage maintenu dans cet état de pression jusqu'à ce que chaque couche de matériau passe
25 de sa phase vitreuse à sa phase isotrope, puis
- en cessant le chauffage, et
- en supprimant la pression,
- une couche de cristal liquide nématique étant ultérieurement introduite entre les substrats munis d'électrodes.
- 30 Ce procédé permet avantageusement d'intégrer la fabrication d'une ou de plusieurs couches de milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, que l'on peut être amené à utiliser dans une cellule selon la présente invention, à la fabrication proprement dite de cette cellule et plus précisément
35 à l'étape de scellement de celle-ci.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, d'exemples de réalisation donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

5 - la figure 1 est une vue éclatée schématique d'un premier mode de réalisation particulier de la cellule objet de l'invention,

 - la figure 2 est une vue éclatée schématique d'un second mode de réalisation particulier de cette cellule,

10 - la figure 3 est une vue éclatée schématique d'un troisième mode de réalisation particulier de cette cellule,

 - la figure 4 illustre schématiquement un mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention permettant la fabrication d'une couche d'un milieu uniaxe d'anisotropie
15 optique négative, utilisable dans la présente invention,

 - la figure 5 illustre schématiquement l'intégration de ce procédé à l'étape de scellement d'une cellule réalisée conformément à l'invention, et

 - la figure 6 est une vue éclatée schématique d'une
20 cellule selon la présente invention, illustrant également l'intégration de la fabrication de plusieurs couches de milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, utilisées dans cette cellule, à l'étape de scellement de celle-ci.

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement, en
25 vue éclatée, une cellule à cristal liquide correspondant à un premier mode de réalisation particulier de l'invention. Cette cellule comprend une couche 2 de cristal liquide comprise entre une plaque inférieure 4 et une plaque supérieure 6 parallèles et transparentes, par exemple en verre. Des électrodes 8 et 10
30 transparentes sont respectivement disposées sur les faces des plaques 4 et 6, qui sont directement en regard l'une de l'autre.

Un premier et un second polariseurs rectilignes croisés 12 et 14 encadrent l'ensemble constitué par la couche 2 et par les deux plaques 4 et 6, le premier polariseur 12 étant du côté
35 de la plaque 6 et le second polariseur 14 étant du côté de la

plaque 4. La cellule est destinée à être éclairée par une lumière qui tombe sur le premier polariseur 12 et observée à travers le second polariseur 14. Ces deux polariseurs se présentent sous la forme de lames qui sont parallèles aux plaques 4 et 6.

5 La cellule comprend en outre une lame ou feuille 16 d'un milieu de compensation, qui est disposée entre la plaque inférieure 4 et le second polariseur 14, parallèlement à ceux-ci, et sur laquelle des précisions seront données par la suite.

10 La cellule que l'on vient de décrire fonctionne en mode transmissif. Elle pourrait fonctionner en mode réflectif en lui ajoutant une couche optiquement réfléchissante 18 disposée à l'opposé de la lame 16 par rapport au second polariseur 14, parallèlement à celui-ci et en observant alors la cellule à travers le premier polariseur 12.

15 La couche de cristal liquide utilisée est une couche de cristal liquide nématique d'anisotropie diélectrique négative, dont les molécules sont sensiblement orientées suivant une direction D perpendiculaire aux plaques 4 et 6, appelée direction d'homéotropie, en l'absence de tension électrique entre les
20 électrodes. Cette couche de cristal liquide nématique est en outre un milieu uniaxe d'anisotropie optique positive, l'indice extraordinaire N_{eCl} de ce milieu étant supérieur à son indice ordinaire N_{oCl} . L'ellipsoïde des indices de ce milieu a un axe de symétrie qui est l'axe de fort indice (N_{eCl} dans le cas présent),
25 et qui est parallèle aux grands axes des molécules de cristal liquide, ainsi qu'à la direction d'homéotropie en l'absence de tension électrique entre les électrodes.

La lame 16 de compensation est un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, l'indice extraordinaire N_{e1} de ce
30 milieu étant inférieur à son indice ordinaire N_{o1} . L'ellipsoïde des indices de ce milieu a un axe de symétrie qui est l'axe de faible indice (N_{e1} dans le cas présent) et qui est parallèle à la direction d'homéotropie.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, la
35 couche 2 de cristal liquide est réalisée à partir du matériau

commercialisé par la Société MERCK sous la référence ZLI 1936 (avec $\text{NeCl}-\text{NoCl}=0,19$) et a une épaisseur de 5 micromètres, et la lame 16 est un empilement de 15 feuilles de 80 micromètres d'épaisseur chacune, du polymère thermoplastique commercialisé par la Société Dupont de Nemours sous la marque SURLYN.

En fait, l'épaisseur optimale de la lame 16 dépend de l'épaisseur de la couche de cristal liquide (loi linéaire) et cette épaisseur de la lame 16 est déterminable expérimentalement, en fixant l'épaisseur de la couche de cristal liquide et en cherchant l'épaisseur de la lame 16 qui conduit à un contraste optimal sous un angle d'observation donné.

En outre, la lame 16 pourrait être disposée entre la plaque 6 et le polariseur 12 au lieu d'être disposée entre la plaque 4 et le polariseur 14.

Plus généralement, il est possible de remplacer la lame 16 par une pluralité de couches disposées les unes entre la plaque 6 et le polariseur 12 et les autres entre la plaque 4 et le polariseur 14, l'épaisseur totale de ces couches étant égale à l'épaisseur déterminée pour la lame 16.

Sur la figure 2, on a représenté schématiquement, en vue éclatée, un second mode de réalisation particulier de la cellule objet de l'invention. La cellule représentée sur la figure 2 comporte une couche de cristal liquide 2 comprise entre deux plaques de verre 4 et 6 munies d'électrodes transparentes 8 et 10 ainsi que deux polariseurs 12 et 14 rectilignes croisés et éventuellement une couche optiquement réfléchissante 18 (pour un fonctionnement en mode réfléchissant, la cellule étant alors éclairée par une lumière tombant sur le polariseur 12 et également observée à travers celui-ci), dont la disposition relative a déjà été indiquée dans la description de la figure 1.

La cellule représentée sur la figure 2 comporte en outre une lame 20 disposée entre la plaque 6 et le polariseur 12 et une lame 22 disposée entre la plaque 4 et le polariseur 14, ces lames 20 et 22 étant parallèles aux plaques 4 et 6. Les caractéristiques optiques de la couche de cristal liquide

nématique 2 ont déjà été indiquées dans la description de la figure 1.

Chaque lame 20 ou 22 est quant à elle un milieu biaxe qui a deux indices principaux N_{10} et N_{20} ayant des valeurs
5 proches l'une de l'autre et un troisième indice N_{3e} inférieur à N_{10} et N_{20} , l'axe de faible indice (N_{3e}) étant parallèle à la direction d'homéotropie.

De préférence, les lames 20 et 22 ont des épaisseurs sensiblement égales et le produit de la valeur absolue de (N_{10} -
10 N_{20}) par l'une ou l'autre de ces épaisseurs est choisi de façon à être peu différent de 0,125 micromètre (condition 1) pour chacune des lames 20 et 22 qui constitue alors, dans le domaine visible, une lame à retard quasi quart d'onde.

Cette valeur de 0,125 micromètre correspond au maximum
15 de brillance de la cellule représentée sur la figure 2, dans l'état "blanc" correspondant à la cellule sous tension d'excitation.

L'épaisseur optimale de chaque lame 20 ou 22 (conduisant à un contraste optimal pour un angle d'observation et
20 une épaisseur de cristal liquide donnés) est déterminable expérimentalement en fonction de l'épaisseur choisie pour la couche de cristal liquide. On pourrait d'ailleurs n'utiliser qu'une lame de compensation disposée soit entre la plaque 6 et le polariseur 12, soit entre la plaque 4 et le polariseur 14, cette
25 lame unique ayant alors une épaisseur égale à la somme des épaisseurs des lames 20 et 22, déterminées en fonction de l'épaisseur de la couche de cristal liquide.

Cependant, dans le mode de réalisation préférentiel indiqué plus haut, l'épaisseur des lames 20 et 22 étant déjà
30 fixée par la condition 1, la compensation optimale de la biréfringence de la couche de cristal liquide est déterminée en choisissant un matériau constitutif des lames 20 et 22 qui a un indice extraordinaire N_{3e} optimal pour cette compensation.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, la
35 couche de cristal liquide est réalisée à partir du matériau

commercialisée par la Société MERCK sous la référence ZLI 1936, avec $\text{NeCl} - \text{NoCl} = 0,19$, et a une épaisseur comprise entre 4 et 6 micromètres, et chacune des lames 20 et 22 est réalisée à partir d'une feuille de cellophane qui est commercialisée par la Société Rhône Poulenc et qui a une épaisseur de l'ordre de 3,5 à 4 micromètres, l'indice N_{10} étant égal à 1,660, l'indice N_{20} étant égal à 1,6425 et l'indice N_{3e} étant égal à 1,5000.

Sur la figure 3, on a représenté un troisième mode de réalisation particulier de la cellule objet de l'invention. La cellule représentée sur la figure 3 comprend une couche de cristal liquide 2 comprise entre deux plaques de verre 4 et 6 munies respectivement d'électrodes transparentes 8 et 10, la disposition de ces éléments ayant été expliquée dans la description de la figure 1. Les caractéristiques optiques de la couche de cristal liquide 2 ont également été données dans la description de cette figure 1.

La cellule représentée sur la figure 3 comprend en outre un premier polariseur circulaire 24 et un second polariseur circulaire 26 qui encadrent l'ensemble constitué par les plaques 4 et 6 et la couche 2, le premier polariseur 24 étant du côté de la plaque 6, de sorte que ce polariseur reçoit la lumière incidente et le second polariseur 26 étant du côté de la plaque 4, ces polariseurs 24 et 26 étant parallèles aux plaques 4 et 6 et la cellule étant observée à travers le polariseur 26. Les polariseurs 24 et 26 sont en outre complémentaires l'un de l'autre c'est-à-dire que, pour la lumière incidente, l'un des polariseurs est gauche et l'autre polariseur est droit.

Comme précédemment, pour un fonctionnement en mode réfléchissant, une couche optiquement réfléchissante 18 peut être prévue à l'opposé de la plaque 4 par rapport au polariseur 26, la cellule étant alors observée à travers le polariseur 24.

Ce polariseur 24 est constitué d'un polariseur rectiligne 28 associé à une lame quart d'onde 30 qui est réalisée dans un milieu uniaxe d'anisotropie optique positive, le grand axe de ce milieu étant compris dans le plan du polariseur 28

(c'est-à-dire perpendiculaire à la direction d'homéotropie) et formant avec la direction de polarisation de ce polariseur 28 un angle de 45° .

5 De même, le second polariseur circulaire 26 est identique au premier polariseur 24, les lames quart d'onde 30 des polariseur 24 et 26 faisant respectivement face aux plaques 6 et 4.

10 La cellule représentée sur la figure 3 comprend également au moins une lame d'un matériau uniaxe d'anisotropie optique négative dont les caractéristiques optiques sont celles de la lame 16 décrite en référence à la figure 1 et qui est disposée parallèlement aux plaques 4 et 6, entre l'une de ces plaques et l'un des polariseurs circulaires.

15 Dans le cas de la figure 3, la cellule comporte deux telles lames 32 et 34, la lame 32 étant disposée entre la plaque 6 et le polariseur 24 et la lame 34 étant disposée entre la plaque 4 et le polariseur 26.

20 L'épaisseur optimale (contraste optimal sous un angle d'observation donné) de la lame unique 32 ou 34 (ou l'épaisseur optimale totale des lames 32 et 34) est déterminée en fonction de l'épaisseur de la couche de cristal liquide 2. L'utilisation d'une ou de plusieurs lames de matériau uniaxe d'anisotropie optique négative dans la cellule de la figure 3 permet de maîtriser séparément :

25 - l'ellipticité presque circulaire, dans tout le domaine visible, de l'onde qui traverse la couche de cristal liquide (ce qui conduit à un meilleur rendement lumineux dans l'état blanc de la cellule), et

30 - le comportement compensateur du système comprenant cette lame de matériau uniaxe d'anisotropie optique négative et les deux polariseurs circulaires, la compensation dépendant de la préparation de ladite lame.

35 Chaque lame de compensation utilisée dans la cellule de la figure 3 est réalisée de la même manière que chaque lame de compensation utilisée dans la cellule de la figure 1 et sa

fabrication (de même que celle de chaque lame de la cellule de la figure 1) peut être intégrée à l'étape de scellement de la cellule qui l'utilise, comme on le verra par la suite.

Pour une même épaisseur de cristal liquide, l'épaisseur
5 de matériau uniaxe d'anisotropie optique négative, qui est nécessaire pour réaliser la cellule de la figure 3, est inférieure à l'épaisseur dudit matériau qui est nécessaire pour réaliser la cellule représentée sur la figure 1 étant donné l'utilisation, dans la cellule de la figure 3, de lames à retard
10 quart d'onde.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, la cellule représentée sur la figure 3 comporte une couche de cristal liquide de 5 micromètres d'épaisseur, réalisée à partir du matériau commercialisé par la Société MERCK sous la référence
15 ZLI 1936, avec $\text{NeCl} - \text{NoCl} = 0,19$, chaque polariseur circulaire est du genre de celui-ci qui est commercialisé par la Société POLAROID sous la référence HCP 37 et chacune des lames 32 et 34 est constituée par un empilement de 5 feuilles du matériau commercialisé par la Société Dupont de Nemours sous la référence
20 SURLYN, chaque feuille ou film ayant une épaisseur de 80 micromètres.

Sur la figure 4, on a illustré schématiquement un procédé de fabrication d'une couche d'un milieu uniaxe
25 d'anisotropie optique négative, présentant un axe de symétrie perpendiculaire à ladite couche, l'axe de plus faible indice de cette couche étant parallèle à cet axe de symétrie. Une telle couche est utilisable dans la réalisation des cellules représentées sur les figures 1 et 3.

Le procédé est le suivant : on dispose entre deux
30 substrat 36 et 38 transparents, plans et rigides, une ou plusieurs feuilles 40 d'un matériau thermoplastique par exemple du genre de celui qui est commercialisé par la Société Dupont de Nemours sous la marque SURLYN. A température ambiante, un tel matériau est à l'état vitreux mais présente une biréfringence qui
35 dépend de son histoire antérieure. Par chauffage à une

température appropriée, le matériau passe de l'état vitreux à l'état isotrope, état dans lequel il ne présente plus de biréfringence.

5 Les substrats 36 et 38 sont par exemple deux plaques de verre du genre des plaques 4 et 6 utilisées dans la cellule décrite en référence à la figure 1.

10 La ou les feuilles étant disposées entre les substrats, une pression uniforme est appliquée sur chacun desdits substrats (normalement à ceux-ci). Pour ce faire, on peut introduire l'ensemble constitué par la ou les feuilles et les substrats dans un sac en plastique 42 qui est en outre étuvable pour une raison indiquée par la suite, puis faire le vide dans ce sac et sceller thermiquement celui-ci.

15 Une pression uniforme égale à la pression atmosphérique est alors appliquée sur chaque substrat.

20 On chauffe ensuite le sac contenant l'ensemble en question, par exemple dans une étuve, jusqu'à ce que le matériau thermoplastique atteigne sa température de transition état vitreux-état isotrope, après quoi l'on sort le sac de l'étuve et l'on ouvre ce sac.

25 Le matériau se refroidit alors et se rétracte. Cette rétractation ne peut s'effectuer que dans une seule direction perpendiculaire aux deux substrats. Il apparaît ainsi un axe de symétrie S perpendiculaire à cette direction, dans ce matériau qui, retrouvant son état vitreux, repasse à l'état biréfringent. On obtient ainsi effectivement une couche d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, ayant un axe de symétrie qui est perpendiculaire à ladite couche et porte l'axe extraordinaire du milieu.

30 Le procédé que l'on vient de décrire en référence à la figure 4 s'intègre directement, de façon avantageuse, à un procédé de fabrication d'une cellule à cristal liquide selon la présente invention, et plus précisément à l'étape de scellement de cette cellule, ce scellement s'effectuant à chaud et sous
35 pression (avant l'introduction du cristal liquide dans ladite

cellule).

La figure 5 illustre cette intégration : étant donné deux plaques de verre 4 et 6 qui sont munies d'électrodes transparentes non représentées et de moyens de scellement 44 et 5 entre lesquelles doit être introduite ultérieurement une couche de cristal liquide, il est possible de disposer une ou plusieurs feuilles de polymère thermoplastique 46 entre l'une des plaques 4 et 6 et un substrat transparent 48 qui peut être l'un des polariseurs de la cellule ou une plaque de verre portant des 10 filtres colorés lorsque la cellule est destinée à l'affichage en couleur.

La plaque de verre 6 et le substrat 48 jouent alors le rôle des substrats 36 et 38 mentionnés dans la description de la figure 4.

15 Plus précisément, l'ensemble constitué par les substrats 4, 6 et 48 et la ou les couches 46 est introduit dans un sac en plastique étuvable, le vide est fait dans ce sac et celui-ci est introduit dans une étuve. Après atteinte par le matériau thermo-plastique de sa température de transition (connue 20 pour un matériau donné) le sac est sorti de l'étuve et ouvert. Comme précédemment, lors du refroidissement qui s'ensuit, la feuille, ou l'ensemble des feuilles collées par étuvage les unes aux autres, devient une couche d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, ayant un axe de symétrie perpendiculaire à 25 ladite couche et portant l'axe extraordinaire du milieu.

En outre, du fait du chauffage et de la pression, la couche ainsi obtenue permet de coller l'un à l'autre la plaque 6 et le substrat 48.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, pour 30 un matériau du type SURLYN, la pression uniforme appliquée est de l'ordre de 10^5 Pa à 2.10^5 Pa et le chauffage est effectué à une température au moins égale à 100°C , la température de transition de ce matériau étant de l'ordre de 90°C .

On comprend donc bien la possibilité d'intégrer la 35 formation d'une ou plusieurs couches de milieu uniaxe

d'anisotropie optique négative à la fabrication d'une cellule selon l'invention, utilisant cette ou ces couches.

La figure 6 illustre également cette possibilité d'intégration : on envisage par exemple de réaliser une cellule selon l'invention, destinée à l'affichage en couleur. A cet effet, on peut réaliser une cellule du genre de celle qui est représentée sur la figure 1, munie en outre d'un filtre trichrome 50 placé par exemple entre la plaque inférieure 4 et le polariseur 14, parallèlement à ceux-ci, le nombre et la configuration des électrodes qui sont de part et d'autre de la couche de cristal liquide, étant bien entendu adaptés au filtre.

La lame 16 de polymère thermo-plastique qui est représentée sur la figure 1 et dont l'épaisseur optimale a été déterminée, est remplacée, dans le cas de la cellule représentée sur la figure 6, par trois couches 52 de même nature que la lame 16 mais dont la somme des épaisseurs est égale à celle de cette lame 16.

Par un procédé analogue à celui qui a été décrit en référence à la figure 5 (application d'une pression uniforme sur les polariseurs 12 et 14, chauffage dans cet état de pression jusqu'à la température de transition du polymère thermo-plastique, suppression du chauffage puis de la pression), on obtient ainsi une cellule assemblée dans laquelle on introduit ensuite la couche de cristal liquide entre les plaques 4 et 6.

D'autres réalisations particulières de la cellule objet de l'invention sont possibles, et notamment une réalisation dans laquelle cette cellule comporte successivement, à partir du côté destiné à être exposé à une lumière incidente, un polariseur circulaire, une lame d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, une première plaque de verre, une couche de cristal liquide nématique et une seconde plaque de verre, la première plaque étant munie d'électrodes transparentes en regard de la couche de cristal liquide et la seconde plaque étant munie, en regard de cette couche, d'une couche optiquement réflectrice.

REVENDECATIONS

1. Cellule à cristal liquide utilisant l'effet de biréfringence contrôlée électriquement et comprenant :

- un ensemble dont l'un des côtés est destiné à être exposé à une lumière incidente et qui comporte une couche (2) de cristal liquide nématique d'anisotropie optique positive et au moins deux électrodes (8, 10) qui sont situées de part et d'autre de la couche et dont au moins celle qui est située dudit côté est transparente, et, au moins dudit côté,
- un moyen (12, 14 : 24, 26) de polarisation de la lumière incidente,

les molécules de la couche de cristal liquide étant sensiblement orientées suivant une direction d'homéotropie, en l'absence de tension électrique entre les électrodes,

- la cellule étant caractérisée en ce qu'elle comprend en outre au moins une couche (16 ou 20, 22 : 32, 34) d'un milieu de compensation de la biréfringence, ayant trois indices optiques principaux dont l'un est plus faible que les deux autres, l'axe correspondant à cet indice étant parallèle à la direction d'homéotropie.

- 2. Cellule selon la revendication 1, caractérisée en ce que les deux électrodes (8, 10) sont transparentes, en ce que la cellule comprend deux moyens de polarisation (12, 14 : 24, 26) complémentaires l'un de l'autre, situés de part et d'autre dudit ensemble et en ce que chaque couche (16 ou 20, 22 : 32, 34) de milieu de compensation est comprise entre l'un des moyens de polarisation et ledit ensemble.

- 3. Cellule selon la revendication 2, caractérisée en ce que les deux moyens de polarisation sont des polariseurs rectilignes croisés (12, 14) et en ce que le milieu de compensation est un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative (16), ayant un axe de symétrie parallèle à la direction d'homéotropie et un axe extraordinaire parallèle à cet axe de symétrie.

4. Cellule selon la revendication 2, caractérisée en ce que les deux moyens de polarisation sont des polariseurs circulaires (24, 26) complémentaires l'un de l'autre et en ce que le milieu de compensation est un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative (32, 34), ayant un axe de symétrie parallèle à la direction d'homéotropie et un axe extraordinaire parallèle à cet axe de symétrie.

5. Cellule selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que le milieu de compensation est fait à partir d'un matériau polymère.

6. Cellule selon la revendication 5, caractérisée en ce que ce polymère est thermoplastique.

7. Cellule selon la revendication 6, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un substrat (50) muni d'au moins un filtre coloré, qui est maintenu en place par la couche de ce polymère thermoplastique.

8. Cellule selon la revendication 2, caractérisée en ce que les deux moyens de polarisation sont des polariseurs rectilignes croisés (12, 14) et en ce que le milieu de compensation est un milieu biaxe (20, 22) dont l'axe de plus faible indice est parallèle à la direction d'homéotropie.

9. Cellule selon la revendication 8, caractérisée en ce que le produit de l'épaisseur de chaque couche (20, 22) de ce milieu par la valeur absolue de la différence entre les deux autres indices principaux de ce milieu est de l'ordre de 0,125 micromètre.

10. Cellule selon l'une quelconque des revendications 2 à 9, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une couche optiquement réfléchissante (18) placée à une extrémité de la cellule, du côté opposé à celui qui est destiné à être exposé à une lumière incidente.

11. Procédé de fabrication d'une couche d'un milieu uniaxe d'anisotropie optique négative, ayant un axe de symétrie (S) perpendiculaire à ladite couche et un axe extraordinaire parallèle à cet axe de symétrie, procédé caractérisé en ce qu'il

comprend les étapes successives suivantes :

- on soumet chaque côté d'une couche (40) d'un matériau polymère thermoplastique, maintenue plane, à une pression uniforme,
- on effectue un chauffage de la couche maintenue dans cet état de pression jusqu'à ce qu'elle passe de sa phase vitreuse à sa phase isotrope,
- on cesse le chauffage et
- l'on supprime la pression.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la couche (40) est maintenue plane au moyen de deux substrats (36, 38) plans, transparents et rigides entre lesquels elle est placée.

13. Procédé de fabrication d'une cellule à cristal liquide utilisant l'effet de biréfringence contrôlée électriquement et comprenant :

- deux substrats (46) plans et transparents qui présentent entre eux un intervalle, sont fixés l'un à l'autre et sont munis d'électrodes,
 - au moins un moyen de polarisation (12, 14), les deux substrats étant placés d'un côté de celui-ci, et éventuellement,
 - un substrat (50) muni d'au moins un filtre coloré, procédé caractérisé en ce que l'on maintient en place au moins l'un des éléments pris dans le groupe comprenant chaque moyen de polarisation et le substrat muni d'au moins un filtre coloré
 - en disposant, entre cet élément et un composant adjacent de la cellule, au moins une couche (52) d'un matériau polymère thermoplastique, puis
 - en soumettant les deux côtés de l'assemblage des composants de la cellule à une pression uniforme, puis
 - en effectuant un chauffage de cet assemblage maintenu dans cet état de pression jusqu'à ce que chaque couche de matériau passe de sa phase vitreuse à sa phase isotrope, puis
 - en cessant le chauffage, et
 - en supprimant la pression,
- une couche de cristal liquide nématique étant ultérieurement

introduite entre les substrats munis d'électrodes.

1,3

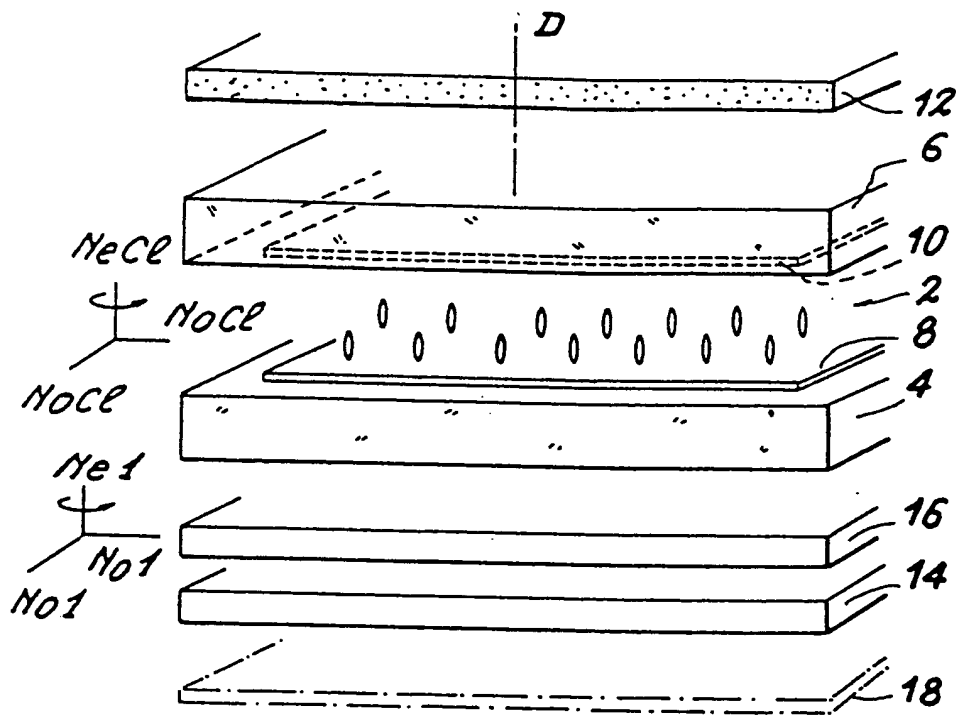


FIG. 1

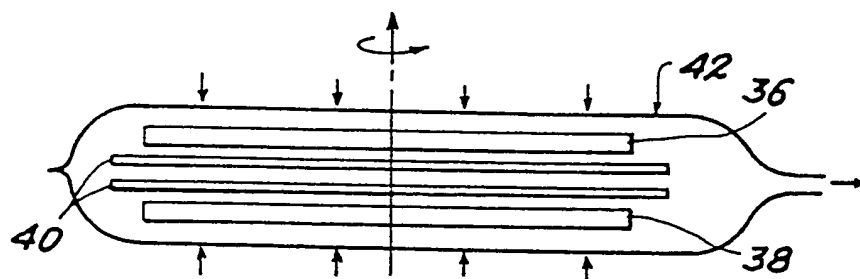


FIG. 4

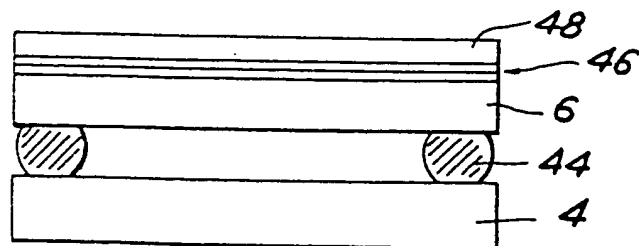
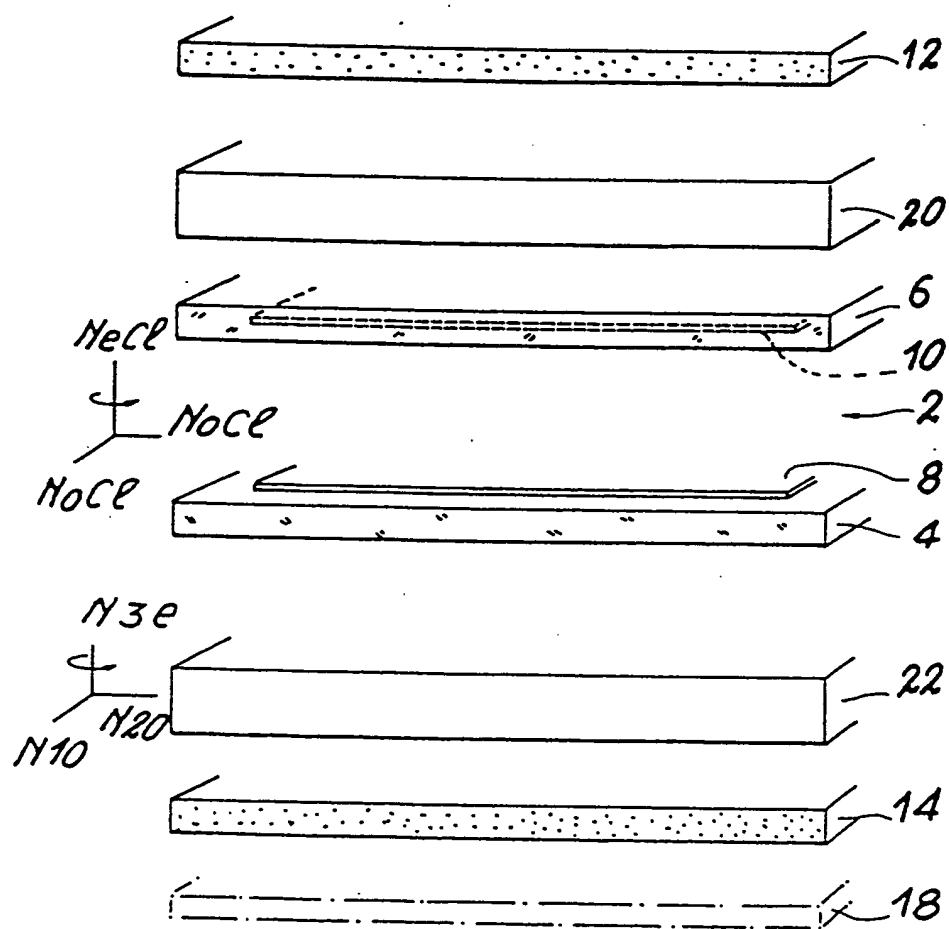


FIG. 5

2,3

FIG. 2



3,3

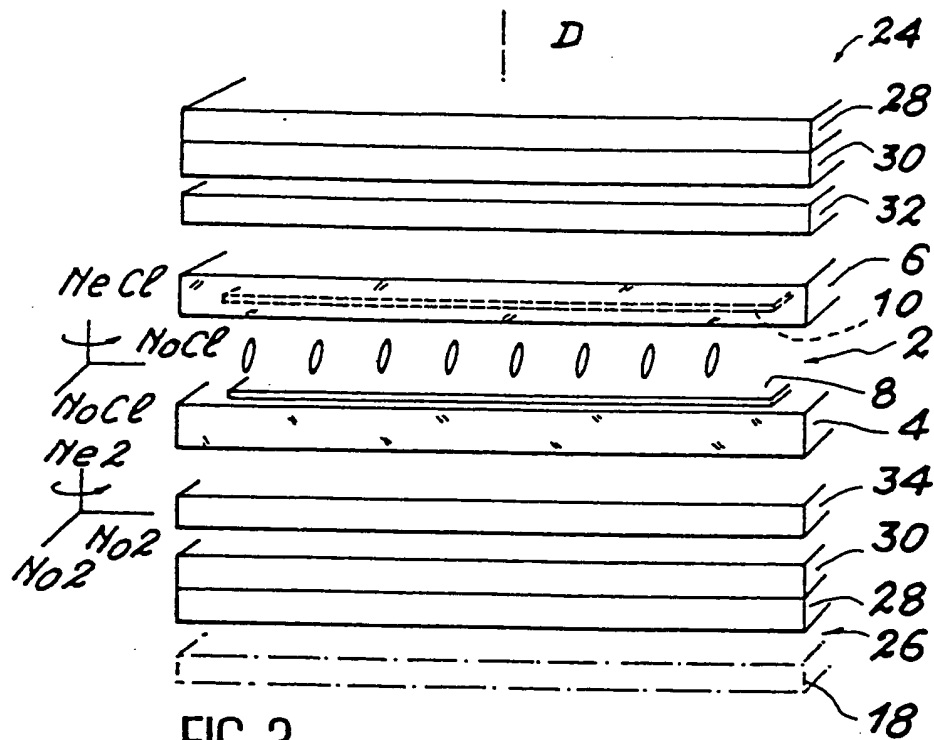


FIG. 3

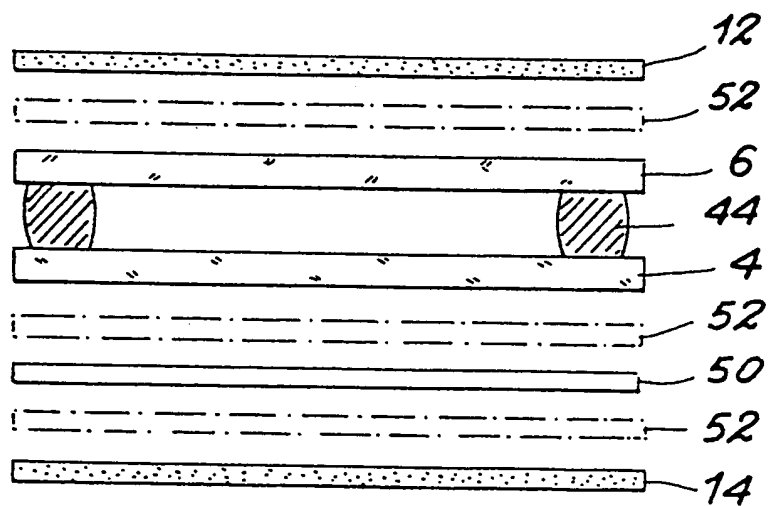


FIG. 6